

CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO DINÁMICO SOBRE LA CARGA ELÉCTRICA: UN ESTUDIO DE CASO

Dynamic Pedagogical Content Knowledge on electric charge: A case study

Lina Viviana Melo Niño, Florentina Cañada Cañada

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas, Facultad de Educación,
Universidad de Extremadura

Correspondencia:

Mail: lvmelo@unex.es

Recibido: 01/09/2016; Aceptado: 01/07/2016

Resumen

Presentamos resultados generales de un estudio descriptivo de tipo cualitativo, en el que caracterizamos, a través de un estudio de caso, el conocimiento didáctico del contenido (CDC) sobre la carga eléctrica de una profesora de física colombiana de bachillerato con formación inicial en didáctica de la física. Las categorías de análisis consideradas fueron: conocimiento sobre el currículo, conocimiento sobre los estudiantes y conocimiento sobre la evaluación. Los resultados muestran que el CDC dinámico se caracteriza por: (i) articular los contenidos y objetivos, sin tener en cuenta las reflexiones que la profesora realiza sobre las necesidades y dificultades de sus estudiantes, sobre el aprendizaje de la carga eléctrica; (ii) privilegiar el diálogo constante en el aula porque considera que así da cuenta del rol activo de sus estudiantes; y (iii) considerar que el contenido no requiere ser evaluado en profundidad, por las pocas dificultades de aprendizaje que genera.

Palabras clave: Conocimiento didáctico del contenido; carga eléctrica; profesorado de bachillerato; estudio de caso.

Abstract

We present general results of a descriptive qualitative study, which are known through a case study, the pedagogical content knowledge (PCK) on the electric charge of a teacher of Colombian physics of high school with initial training in physics education from what it does in the classroom. The categories of analysis were: knowledge of the curriculum, students' knowledge and understanding of the assessment. The results show that the dynamic PCK is characterized by: (i) an articulation of the content that does not consider the reflections that the teacher takes on the needs and difficulties of their students about learning the electric charge; (ii) she gives priority to the ongoing dialogue in the classroom because she considers that it gives active role of students; and (iii) she considers that the content does not need to be evaluated in depth, for the few learning difficulties it generates.

Keywords: Pedagogical content knowledge; electric charge; high school Physics teacher; study of case.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Shulman (1986) el conocimiento didáctico del contenido (CDC) es desarrollado por los profesores para ayudar a otros a aprender, y es construido en tanto ellos enseñan contenidos específicos de su área de saber. Garritz, Alvarado, Cañada y Mellado (2013) lo definen como un atributo personal del profesor de carácter particular, producto de una simbiosis entre los conocimientos necesarios para la enseñanza y la acción de enseñar.

Este conocimiento se ha estructurado y construido a partir de conocimientos de diferente origen y naturaleza. Su desarrollo conceptual refleja las tensiones y dificultades para concretar la epistemología del profesor, lo cual nos sugiere que la formación del profesorado *"debe ir más allá de la idea de enseñar a los estudiantes cómo pedagogizar el contenido y debe ayudar a reconocer la naturaleza didáctica del contenido y sus consecuencias para la enseñanza"* (Segall, 2004, p. 489).

La mayoría de los modelos, por lo menos los que se desarrollan después del trabajo presentado por Magnuson, Krajcik y Borko (1999), consideran que el CDC de ciencias tiene cinco componentes: *orientaciones y concepciones sobre la enseñanza de las ciencias; conocimiento curricular; conocimiento del aprendizaje y las ideas de los estudiantes; las estrategias didácticas y la evaluación* (Friedrichsen et al. 2009; Gess-Newsome, 2015; Park y Oliver, 2008). Este es el punto de partida en nuestro estudio sobre el conocimiento del profesorado.

Las principales conclusiones que ha arrojado esta línea de investigación guían o forman parte de la discusión sobre la enseñanza y la formación del profesorado en general (Van Driel, Jong y Verloop., 2002). Entre ellas tenemos: el CDC se construye socialmente a través del trabajo con otros profesores (Loughran, Mulhall y Berry, 2004); los conocimientos disciplinares de los profesores tienen un gran impacto en el CDC (Abd-El-Khalick y BouJaoude, 1997; Kind, 2009); la eficacia del profesor (Park y Oliver, 2008), y las emociones (Garritz, 2009) se consideran una componente afectiva de CDC; el CDC es más que la suma de sus componentes (Abell, Rogers, Hanuscin y Lee, 2008), las cuales se transforman e integran durante la planificación y su puesta en marcha, donde se involucran la dimensión personal y el contexto del profesor, lo cual ratifica el carácter dinámico de este conocimiento (Abell et al. 2008).

La agenda actual se centra en el proceso de desarrollo del CDC a través de investigaciones empíricas, las cuales muestran cómo se conectan los diferentes aspectos de este conocimiento y cómo influyen en el desarrollo profesional del profesor (Henze, van Driel y Verloop, 2008). Evens, Elen y Depaepe (2015) señalan además cómo es este tipo de investigación y recogen seis fuentes para el desarrollo del CDC: i) experiencia docente; ii) cursos cuyo objetivo es la mejora de la enseñanza; iii) conocimiento del contenido a enseñar; iv) aprendizaje sobre las experiencias pasadas; v) colaboración con otros profesores; y vi) reflexión sobre la práctica educativa.

La repercusión inmediata de estos resultados se da en la estructura de los cursos de formación del profesorado (Etkina, 2010; Michelini, Santi y Stefanel, 2013; Thompson, Christensen y Wittmann, 2011). Sin embargo, el desarrollo del CDC no es la única preocupación de esta línea de investigación, se siguen tratando aspectos específicos del CDC tales como el uso de modelos (Henze et al., 2008), la naturaleza de la ciencia (Hanuscin, Lee y Akerson, 2010), la evaluación formativa (Falk, 2011), instrumentos para medir el CDC (Halim, Abdullah y Meerah, 2014; Jang, 2010) y el dominio afectivo (Garritz, 2009; Mellado et al., 2014; Shulman, 2015).

La mayoría de las investigaciones que vinculan los cambios y la caracterización del CDC, especialmente en el caso de la enseñanza de la física, se han centrado en lo que los profesores piensan o dicen que hacen, dejando de lado la actuación en el aula. Por tanto, documentar el CDC, en y sobre la acción, sobre distintos contenidos para la enseñanza de la física, sigue siendo una tarea por realizar (Melo,

Cañada, Mellado y Buitrago, 2016). Esta investigación contribuye específicamente a este aspecto. La intención de este trabajo es la de identificar las características del CDC desde lo que una profesora hace en su aula durante la enseñanza de la carga eléctrica. A continuación especificaremos los antecedentes de la investigación y nuestro objetivo de estudio.

Antecedentes de la investigación

Desde nuestra perspectiva, el CDC es un conocimiento con su propia estructura, fuentes, componentes, naturaleza y filtros que lo posibilitan, y sobre todo legitima a la enseñanza como una profesión (Melo, Cañada y Mellado, 2015). Es un punto de encuentro y un proceso activo y dinámico entre los conocimientos que el profesor adquiere a través de su formación y experiencia, y la práctica de aula.

Shulman (2015) y Alonzo y Kim (2015) señalan el olvido que se ha tenido en algunas investigaciones la práctica de aula dentro de las investigaciones sobre el CDC. Alonzo y Kim (2015) en su estudio, ponen de manifiesto la necesidad de diferenciar durante la medición del CDC los aspectos dinámicos y estáticos. Estos autores definen el CDC dinámico como aquel relacionado con la práctica de aula y los razonamientos que subyacen en su toma de decisiones durante la instrucción, y el CDC estático como aquel relacionado con lo que los profesores declaran sobre la enseñanza de los contenidos específicos. Gess-Newsome (2015) llama al CDC declarativo, conocimiento específico, y lo clasifica como un conocimiento diferente al CDC.

En nuestro caso, y en concordancia con lo planteado por Alonzo y Kim (2015), consideramos que la caracterización del CDC puede desarrollarse a partir de tres niveles: declarativo, diseño y acción, los cuales corresponden a lo que el profesor piensa, planifica y hace, en la enseñanza de un contenido específico. Consideramos además, que la coherencia entre estos tres niveles y su permanencia en el tiempo son indicadores del proceso de transformación e integración del conocimiento profesional, y deberían influir en el aprendizaje de los estudiantes. Sin embargo son escasas las investigaciones que muestran la relación entre desarrollo del CDC y los logros de los estudiantes.

Los resultados específicos sobre el CDC dinámico con profesores de física nos sugieren que este CDC está altamente relacionado con la calidad del CDC declarado, y por las orientaciones sobre la enseñanza centrada en los estudiantes (Alonzo y Kim, 2015, Melo et al., 2016). Además el reconocimiento del CDC dinámico les permite a los profesores ser más receptivos a las nuevas situaciones de enseñanza que surgen en el aula, y permite activar su pensamiento crítico sobre el aprendizaje de sus estudiantes, el contenido de la física que enseñan y los pros y contras de las estrategias de enseñanza-aprendizaje que proponen.

Objetivo de Investigación

Este trabajo forma parte de un estudio más amplio cuyo fin es el desarrollo del CDC de profesores de física colombianos antes y después de un programa de intervención, considerando lo que los profesores declaran, planifican y hacen en el aula. En este artículo hacemos referencia a algunas componentes del CDC para una profesora durante la enseñanza de la carga eléctrica, un tópico muy específico dentro del tema general del campo eléctrico durante el curso 2011. En consecuencia el objetivo del estudio es:

- Describir el CDC, representado en el conocimiento sobre el currículo, los estudiantes y la evaluación, en la práctica del aula sobre la carga eléctrica de una profesora de física de bachillerato.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló con una profesora licenciada en física, con edad de 28 años y experiencia docente de 7 años, a la que llamaremos Isabel. Su formación incluye conocimientos sobre historia y epistemología de las ciencias y didáctica de la física. Actualmente trabaja en una institución educativa de carácter privado y femenino en la ciudad de Bogotá, Colombia. Su experiencia docente principalmente es en secundaria. Sin embargo, la investigación se llevó a cabo en el primer año de enseñanza de Isabel en bachillerato, con estudiantes de edades comprendidas entre los 16 y 18 años.

Uno de los elementos fundamentales que guía la participación de la profesora es la utilidad y ayuda que le supone su participación en la investigación, es decir no se considera como simple informante que provee datos, sino que ha sido partícipe del proceso de investigación y en todo momento ha sido informada de los avances de este estudio.

En nuestro estudio los procedimientos de recogida de datos utilizados para caracterizar el CDC fueron las observaciones de clase en video, el diario de la profesora y sus reflexiones después de cada clase. Durante el 2011 se realizaron 5 observaciones de clase, todas ellas de una duración de 50 minutos. Las observaciones fueron transcritas y posteriormente una copia fue entregada a la profesora para su posterior validación.

La sistematización de los datos y su análisis se realizó siguiendo las técnicas de análisis de contenido (Bardin, 1986). Para desarrollar el esquema de categorización se tomaron como base los modelos de Friedrichsen et al. (2009), Magnuson et al. (1999), y Park y Oliver (2008), las componentes reportadas en las investigaciones sobre el CDC en física (Melo, Cañada y Mellado, 2014) y las categorías emergentes del proceso de análisis de los datos. Las categorías consideradas fueron: A) conocimiento curricular, B) conocimiento sobre las dificultades y necesidades de los estudiantes y C) conocimiento sobre la evaluación.

Para la descripción de cada categoría se consideraron los modelos de enseñanza en didáctica de las ciencias experimentales, y optamos por dos orientaciones básicas y una intermedia: la tradicional centrada en el profesor, y la constructivista centrada en los estudiantes (Melo et al., 2013). Para facilitar el proceso de codificación, realizamos una plantilla de registro como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1
Plantilla de Registro para Análisis del CDC dinámico

Componente del CDC	Categorías	Unidades de Información
A. Conocimiento Curricular	A1. Contenidos y Patrón temático	
	A2. Organización de los contenidos	
	A3. Importancia del Contenido a enseñar	
	A4. Fuentes y Recursos	
	A5. Objetivos de Aprendizaje	
B. Conocimiento sobre las dificultades y necesidades de los estudiantes	B1. Naturaleza de las Ideas de los Estudiantes	
	B2. Cambio o refuerzo en las ideas de los estudiantes	
	B3. Participación y motivación	
	B4. Dificultades y Limitaciones para la comprensión de los contenidos	
	B5. Necesidades, intereses y preferencias de los estudiantes.	
C. Conocimiento sobre la Evaluación	C1. Finalidad de la Evaluación	
	C2. Objeto de la evaluación	
	C3. Quienes participan en la evaluación	
	C4. Tipos de Evaluación	
	C5. Diseño, Organización e Instrumentos de evaluación	
	C6. Calificación	

RESULTADOS

Los principales resultados los sintetizamos en la tabla 2, considerando las componentes del CDC: (A) conocimiento curricular, (B) conocimiento sobre las dificultades y necesidades de los estudiantes, y (C) conocimiento sobre la evaluación. A continuación profundizaremos en la descripción de cada categoría.

Tabla 2
Caracterización del CDC dinámico de Isabel

Componentes del CDC	Características
A. Conocimiento Curricular	<ul style="list-style-type: none"> -La carga eléctrica como principio organizador del patrón temático. - Utiliza hechos de la vida cotidiana, la historia de las ciencias y experiencias demostrativas para motivar y como contenido. -Los objetivos planteados son tanto conceptuales como procedimentales.
B. Conocimiento sobre las dificultades y necesidades de los estudiantes	-La profesora privilegia el diálogo constante en el aula porque considera que así da cuenta del rol activo de sus estudiantes, sin embargo las explicaciones de las estudiantes son consideradas como errores a superar.
C. Conocimiento sobre la Evaluación	-Considera que los estudiantes mantendrán pocas dificultades de aprendizaje frente a la electrificación y, al ser un contenido fácil, no requiere ser evaluado en profundidad

Conocimiento Curricular

De forma explícita no se proponen contenidos actitudinales, fuera de los que acontecen de forma espontánea durante las clases (A1). Sin embargo, sí se presenta una variedad de contenidos tanto conceptuales como procedimentales. Encontramos que los procedimientos se relacionan con la observación, representación, clasificación, identificación y relación de variables. Son 37 las intervenciones registradas donde la profesora propone algunos de estos contenidos. Ejemplo de ello es;

[...]Que tenga muchos electrones implica que no todos están ligados con la misma fuerza al átomo y que algunos de ellos se puede decir tal cual, que están libres, y el hecho de que estén libres implica que ellos se puedan mover, eso nos va a permitir a nosotros clasificar los materiales que estamos utilizando aquí, dependiendo de esta capacidad o no, de permitir que los electrones se muevan [Referencia 8, Clase 1, 2011]

Para describir el concepto de carga eléctrica, la profesora hace referencia a situaciones anteriores, trabajadas durante el capítulo de óptica y la caracterización de la luz como onda. Recuerda la descripción y necesidad de incluir el concepto campo y la idea de flujo de electrones para describir la electricidad. También reclama las imágenes que las estudiantes tienen sobre la estructura y algunas propiedades de la materia vistas en sus cursos de química, ya que le permiten situar el modelo de carga a nivel atómico (A1, A3).

El contenido de carga es tal vez la única oportunidad explícita de vincular situaciones cotidianas a su clase. Durante su explicación parte de los fenómenos utilizados en otros cursos de ciencias, o en otros contextos como las ferias de ciencias o museos de ciencias. La secuencia de contenidos a la que alude todo el tiempo es lineal. La profesora se centra en enumerar uno a uno los contenidos que va viendo, tal como se ha planificado (A2). Las razones a las que alude la profesora para justificar la importancia del concepto carga son la importancia indiscutible dentro de la física, como requisito para comprender el concepto fuerza y campo (A3).

Para el concepto de carga, las ideas que expresan las estudiantes sobre los fenómenos electrostáticos propuestos son las fuentes de información primarias; también lo es la profesora a través de su discurso y las distintas estrategias que utiliza para presentar la información (A4). La mayoría de las intervenciones del alumnado, en las que aportan información, son por requerimiento de la profesora. Las preguntas realizadas a las estudiantes surgen enteramente durante el desarrollo de la clase. Para todos los casos espera siempre una única respuesta. Esta respuesta se ajusta, principalmente, a la información que ha plasmado en sus apuntes de clase. A continuación mostramos un ejemplo que refleja tales hechos:

La profesora intenta mostrar el proceso de carga por inducción.

Profesora: [...] Se carga, toco y suelto, ¡wau!... funciona, funciona... ¡funcionó!

Estudiante: -¿Qué es lo que tiene que pasar?

Profesora: -repulsión, -¿Por qué?, ¿Quién nos quiere explicar porque tiene que haber repulsión?

Estudiante: -porque, porque están neutras

Profesora: - no, no están neutras, si funcionaron las cosas no está neutra

Estudiante: - está positiva

Profesora: -debería estar positiva...

Estudiante: -porque cuando se hace la inducción se van las positivas y las negativas a lados opuestos, y entonces haces polo a tierra, si alguno lo toca, los negativos saldrán por tu lado y se quedan los positivos, y como el vidrio es positivo tienen que haber una repulsión

Profesora: -debería haber repulsión, usted lo puede probar en su casa, [Referencia 26, Clase 2, 2011]

Se describen 15 objetivos conceptuales y 5 procedimentales (A5). Los conceptuales buscan que las estudiantes: i) definan los distintos términos utilizados para describir la fenomenología electrostática, como carga eléctrica, polarización e inducción; ii) caractericen el comportamiento de cuerpos cargados eléctricamente; y iii) relacionen lo que se observa con la teoría. Los procedimentales se centran en el uso de la representación como estrategia para incrementar la comprensión, y las implicaciones de fondo que emergen en la realización de experimentos, aunque sea la profesora la única que los efectúa.

Conocimiento sobre las dificultades y necesidades de los Estudiantes

Isabel considera importante conocer las ideas erróneas o los conocimientos confusos para las estudiantes (B1), esto le permite enfocar el tema y rediseñar la ruta temática planificada. Ejemplo de ello es;

Ahora podemos hacer una explicación mucho más amplia o más precisa, digámoslo así, de lo que sucedió con la bomba y los papelitos. [Referencia 9, Clase 1; 2011]

El método para conocer las ideas de las estudiantes fue a través de un cuestionario de preguntas abiertas, que las estudiantes solucionaron individualmente en casa antes de iniciar el estudio de la electrostática. El cuestionario fue diseñado por los autores de esta comunicación (Melo, 2015). La profesora describe durante el desarrollo de la investigación la incomodidad que le generó el uso de este material. El cuestionario se convirtió en un elemento extraño que no encajaba con el resto de actividades diseñadas. También realizó demostraciones experimentales, cuya función fue la de indagar en las explicaciones de las estudiantes; se utilizaron para convencer a las estudiantes de que la explicación dada por la profesora era la correcta. Una forma de rebatir o corregir las ideas equívocas (B1).

El diálogo continuo y las implicaciones de las estudiantes antes de dar las definiciones es, para la profesora, la mejor forma de aprender con poco tiempo. También lo son la actitud que proyecta la profesora y su motivación. Por esta razón incluye experiencias demostrativas que apoyan su explicación y comparte su asombro sobre lo que hace o explica en clase, u otras experiencias personales frente a los contenidos a enseñar. Sin embargo, el bombardeo continuo de experiencias demostrativas hace que las estudiantes pierdan el rumbo de lo que se observa (B4).

Para fomentar la participación utiliza, principalmente, las preguntas generales a toda la clase. Las preguntas de alto nivel cognitivo suele usarlas antes de mostrar las definiciones de los contenidos, y las de bajo nivel cognitivo durante el proceso de definición, o recapitulación de una idea. La profesora suele hacer una devolución reflexiva sobre las respuestas de las estudiantes, evita hacer refuerzo inmediato y calla para obligar a que las estudiantes participen (B3).

Las ideas alternativas que identifica Isabel durante las clases son aquellas donde sus estudiantes asumen carga como energía, la cual no interviene, sino reemplaza por la explicación de la carga en términos de transferencia de electrones; y aquella donde las estudiantes explican a través de las experiencias magnéticas lo que se observa sobre los fenómenos electrostáticos. Otras dificultades de aprendizaje detectadas por Isabel se presentan en la tabla 3.

Tabla 3

Dificultades de Aprendizaje detectadas durante la acción para el concepto de carga eléctrica 2011

Naturaleza de la Dificultad	Dificultad Identificada	Frecuencia UI
B2.1 Derivadas de las ideas previas o conocimientos anteriores	Se mantiene una idea sustancialista de la carga eléctrica-carga como energía	7
	Los responsables de la electrificación o la corriente son indistintamente los electrones o/y protones	3
	Los protones son neutros	1
	Uso de la notación científica	1
	Las pilas al presionarse se cargan	1
	Definen lo eléctrico en términos de lo magnético	3
B2.2 Propias del Contenido	Comprensión de la Inducción	1
	Definición de Coulomb en términos del Amperio	1
B2.6 Curricular	El contenido no ha sido abordado en clase, esto justifica las comprensiones expresadas por las estudiantes	1

Finalmente, las definiciones dadas por la profesora sobre polarización y electrificación por inducción resultan problemáticas para las estudiantes ya que se presentan como procesos homólogos en tipos de materiales distintos, conductores y dieléctricos (B2). Son 12 las intervenciones que utiliza para dar cuenta de la polarización y 14 para la inducción electrostática. Un ejemplo de lo expresado son las siguientes intervenciones de la profesora:

[...] En un material como el papel, que es un material que no tiene muchos electrones libres, el difícilmente de hecho el papel no permitiría que pasara corriente eléctrica a través de él, se quemaría, el no deja que los electrones se muevan, lo que sucede se denomina o se conoce como polarización.

Imaginémonos que dentro del papel se redistribuye la carga, y lo negativo que sería repelido por la bomba se va a un extremo de papel, mientras que lo positivo que es atraído se ve en el otro extremo del papel. [Referencia 30, Clase 2; 2011]

[...] Esto que sucede en el metal se llama inducción, entonces podemos sacar una conclusión, un dieléctrico o un cuerpo aislante como el papel cuando está cerca de un cuerpo cargado, se polariza. Pero un material conductor no se polariza [Referencia 31, Clase 2; 2011]

García-Carmona (2008) señala cómo muchas de las dificultades de aprendizaje sobre la enseñanza de la electrostática se fundamentan en la poca relación que los profesores de física realizan entre la naturaleza y propiedades de la materia, y los fenómenos eléctricos. El alumnado ve a través del discurso del profesor cómo la entidad química de las sustancias se ve comprometida en el proceso de transferencia de electrones, más aun cuando se habla de separación o reorganización de las cargas positivas y negativas, y cuando se introduce la idea de polarización o inducción electrostática.

Conocimiento sobre la Evaluación

Isabel considera que las estudiantes mantendrán pocas dificultades de aprendizaje, y al ser un contenido fácil, no requiere ser evaluado en profundidad. El desconocimiento de una estrategia que conjugue una idea de evaluación formativa con una calificación objetiva, hace que siga manteniendo una evaluación de carácter sumativo (C4). De hecho Isabel en ocasiones utiliza la evaluación continua como formativa, con lo cual realiza muchas pruebas a través de diversas técnicas para el mismo contenido.

Los instrumentos y estrategias planificadas se replicaron según lo planificado (C5). Fueron tres las actividades calificadas: taller grupal, tomado de un libro de texto; prueba escrita de duración corta; y el examen bimestral con preguntas de selección múltiple (C6, C3). El taller grupal lo vinculó a la clase como punto de partida para introducir nuevos conceptos. Se entregó al finalizar la clase 1 y se llevó a cabo durante la clase 2. El taller se desarrolló por parejas en espacios distintos a los de la clase (C2). Antes de ser calificado, la profesora mediante retroalimentación, solicita a sus estudiantes las respuestas dadas para su posterior validación. Durante el desarrollo de la retroalimentación, las estudiantes tienen la oportunidad de modificar las respuestas dadas al taller (C1, C2). Los criterios de evaluación son la coherencia y cohesión de las respuestas como se muestra a continuación:

Una cosita en cuanto ya a la representación de las fuerzas, cuando las cargas son iguales, que algunas omitieron hacer la representación, o que a la hora de escribir las respuestas, pues fue como tan, tanto la redacción como la falta de claridad en la diferencia de materiales aislantes y conductores, que hizo que unas respuestas no fueran tan amplias, pero en general estuvimos bien no hubo mayor dificultad. [Referencia 50, Clase 3, 2011]

Durante la clase la profesora suele comprobar la comprensión de las estudiantes mediante expresiones como *¿(Sí) Es claro?*, *¿listo?*, *¿sí o no?* o mediante la proposición de otras situaciones o preguntas generales a toda la clase (C2):

¿Cómo podemos representar que ya tiene un exceso de electrones? Ponemos aquí en la superficie de la bomba menos (-) qué representaría los electrones que tiene de más, ganados de mi cabello, ¿sí o no? [Referencia 10, Clase 1; 2011]

La actividad de autoevaluación propuesta por la profesora debido a la escasez de tiempo, se convirtió en una valoración más, resultado de la aprobación realizada por la profesora sobre la calificación que cada estudiante asignó a su proceso.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La caracterización del CDC dinámico es un ejercicio complejo y depende de los instrumentos utilizados para su realización. Algunas investigaciones muestran que este CDC dinámico puede incluso ser más resistente al cambio que el CDC declarado, y en ocasiones presentan características diferentes (Contreras, 2009; Melo et al., 2016). El presente artículo muestra de forma detallada cómo hacer explícito el CDC para contenidos de física a partir de las observaciones de aula.

Siguiendo el objetivo de nuestro estudio, los resultados muestran que el CDC dinámico se caracteriza por: (i) articular los contenidos y objetivos, sin tener en cuenta las reflexiones que la profesora realiza sobre las necesidades y dificultades de sus estudiantes, sobre el aprendizaje de la carga eléctrica; (ii) favorecer el diálogo constante en el aula porque considera que así evidencia el rol activo de sus estudiantes; y (iii) considerar que el contenido no requiere ser evaluado en profundidad por las pocas dificultades de aprendizaje que genera. En términos generales, aunque la profesora lleva algunos años de experiencia en la docencia de la física, no transpone de forma lineal los constructos realizados en años anteriores de práctica profesional al nuevo contenido y contexto de enseñanza. Además su CDC tiene características tanto de una tendencia de enseñanza tradicional como constructivista.

Nuestros resultados sobre el conocimiento curricular no distan de los reportados por Seung, Bryan y Haugan (2012) con profesores de física, con y sin experiencia, durante el proceso de implantación de un nuevo currículo sobre la materia y la energía, donde muestran que los profesores con experiencia construyen los objetivos de sus asignaturas en función del conocimiento que tienen de los estudiantes, mientras que los profesores noveles lo construyeron en función de su conocimiento declarativo sobre el contenido. Sin embargo como señala Cauet, Liepertz, Borowski y Fischer (2015) en su estudio con profesores en física de secundaria, no existe una correlación positiva entre el conocimiento del contenido, el conocimiento didáctico del contenido y el aprendizaje de los estudiantes.

Con relación al conocimiento sobre los estudiantes Henze et al. (2008), en su estudio con profesores de secundaria de ciencias durante la implementación de un nuevo currículo, consideran que la falta de identificación de dificultades de aprendizaje se debe a la falta de conocimiento del contenido que se enseña. Sin embargo, Sadler et al. (2013) indican que poseer formación en física no garantiza un reconocimiento de las dificultades de aprendizaje que pueden tener los estudiantes, y Berktaş (2016) en su estudio sobre la luz y el sonido en secundaria, concluye que los profesores en formación poseen información suficiente sobre el conocimiento sobre los estudiantes, pero no tienen suficiente información sobre las estrategias efectivas para enseñar dichos contenidos y por lo general favorecen una enseñanza con tendencia tradicional. Nuestros resultados nos sugieren que el conocimiento sobre los estudiantes de Isabel depende fuertemente de sus ideas sobre cómo se aprende este contenido y la valoración que ha realizado sobre el nivel de asimilación que los estudiantes pueden lograr sobre la carga eléctrica.

Finalmente, la componente del CDC vinculada a la evaluación muestra una alta relación con el conocimiento sobre los estudiantes, y esta relación justifica la poca importancia que la profesora da a esta componente del CDC. En el estudio de Lee and Luft (2008) concluyen que la razón de la poca importancia dada a la evaluación se debe a la falta de integración del conocimiento sobre los recursos en el PCK. Para Ogan-Bekiroglu (2009) se debe a las creencias de autoeficacia sobre la capacidad para evaluar a otros, y el conocimiento sobre métodos efectivos para evaluar.

En concordancia con Osborne (2014) consideramos que en el caso de la enseñanza de la física muchas investigaciones sobre el CDC se han centrado en contenidos específicos y pocos en prácticas científicas, lo cual puede abrir nuevas líneas de investigación. También lo es la necesidad de relacionar el CDC de los profesores con el aprendizaje de los estudiantes.

Agradecimientos:

Los autores agradecen al Gobierno de Extremadura y al Fondo Social Europeo por la financiación recibida para la realización de esta investigación (Proyecto GR15009) así como al Ministerio de Economía y Competitividad de España. Dirección General de Investigación (Proyecto: EDU2012-34140). L.V. Melo Niño agradece a la Universidad de Extremadura la concesión de una beca predoctoral.

REFERENCIAS

- Abell, S., Rogers, M., Hanuscin, D. L., Lee, M. H. y Gagnon, M. J. (2008). Preparing the Next Generation of Science Teacher Educators: A Model for Developing PCK for Teaching Science Teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 20(1), 77–93.
- Abd-El-Khalick, F. y Boujaoude, S. (1997). An Exploratory Study of the Knowledge Base for Science Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(7), 673-699.
- Alonzo, A. C. y Kim, J. (2015) Declarative and dynamic pedagogical content knowledge as elicited through two video-based interview methods. *Journal of Research in Science Teaching*, (version online–Agosto/2015), 1-28. DOI: 10.1002/tea.21271.
- Bardin, L. (1986). *El análisis de contenido*. Madrid: Akal.
- Bektas, O. (2016). Pre-service Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge in the Physics, Chemistry, and Biology Topics. *European Journal of Physics Education*, 6(2), 41–53.
- Cauet, E., Liepertz, S., Borowski, A., Y Fischer, H. E. (2015). Does it Matter What We Measure? Domain-specific Professional Knowledge of Physics Teachers, *Revue Suisse Des Sciences de L'éducation*, 37(3), 462–479.
- Contreras, P. (2009). Creencias curriculares y creencias de actuación curricular de los profesores de ciencias chilenos. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 8(2), 550-526.
- Etkina, E. (2010). Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(2), 0201101-26.
- Evens, M., Elen, J., y Depaepe, F. (2015). Developing Pedagogical Content Knowledge Lessons Learned from Intervention Studies, *Education Research International*, vol. 2015, 1-23.
- Falk, A. (2011). Teachers learning from professional development in elementary science: Reciprocal relations between formative assessment and pedagogical content knowledge. *Science Education*, 96 (2), 265-290.
- Friedrichsen, P., Abell, S., Pareja, E. M., Brown, P., Lankford, D. M., y Volkmann, M. J. (2008). Does teaching experience matter? Examining biology teachers' prior knowledge for teaching in an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(4), 357–383.
- García-Camona, A. (2008). Relacionando los fenómenos eléctricos con la naturaleza y propiedad de la materia: fundamentos de una propuesta de enseñanza. *Educación Química*, 19(4), 323-331.
- Garritz, A, Alvarado, C. Cañada, F. y Mellado, V. (2013). PCK by CoRes and PaP-ePs for Teaching Acids and Bases at High School. *NARST-Conference*. San Diego, EEUU. Recuperado de: http://www.academia.edu/3078826/PCK_by_CoRes_and_PaPeRs_for_Teaching_Acids_and_Bases_at_High_School.
- Garritz, A. (2009). Affective domain and PCK Pedagogical Content Knowledge and the affective domain of Scholarship of Teaching and Learning. The forgotten affective domain research Affective domain and PCK. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 1–6.
- Gess-Newsome, J (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. En Berry, A., Friedrichsen, P., Loughran, J. (Eds) *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (pp. 28-42). New York: Routledge.
- Halim, L., Abdullah, S.I.S.S. y Meerah, T.S.M. (2014). Students' Perceptions of Their Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Science Education and Technology*, 23(2), 227–237.

- Hanuscin, D., Lee, M. H. y Akerson, V. L. (2010). Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. *Science Education*, 95(1), 145-167.
- Henze, I., Van Driel, J. H. y Verloop, N. (2008). Development of Experienced Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Models of the Solar System and the Universe. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1321-1342.
- Jang, S.J. (2010). Assessing college students' perceptions of a case teacher's pedagogical content knowledge using a newly developed instrument. *Higher Education*, 61(6), 663-678.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169-204.
- Lee, E. y Luft, J. A. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1343- 1363.
- Loughran, J., Mulhall, P. y Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391.
- Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of the CDC for science teaching. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.). *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer A.P.
- Mellado, V., Borrachero, A.B, Brígido, M., Melo, L.V., Dávila, M.A, Cañada, F., Conde, M.C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez, G., Ruiz, C., Sánchez, J., Garritz, A., Mellado, L., Vázquez, B., Jiménez, R. y Bermejo, M.L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 11-36.
- Melo, L. V., Cañada, F., Mellado, V., Díaz, M. y Melo, D. (2013). La evaluación como componente de análisis del conocimiento didáctico del contenido en el caso del campo eléctrico. *Campo Abierto. Revista de Educación*, 32(2), 173-197.
- Melo, L.V., Cañada, F. y Mellado, V. (2014). Conocimiento Didáctico del Contenido en Física: El caso del Campo Eléctrico. En Garritz, A., Daza, S., y Lorenzo, M.G (Eds.), *Conocimiento Didáctico del Contenido. Una perspectiva Iberoamericana* (pp. 227-263) Saarbrück: Editorial Académica Española.
- Melo, L.V., Cañada, F. y Mellado, V. (2015) Initial Characterization of Colombian High School Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge on Electric Fields. *Research in Science Education*. (Versión Online-Septiembre/2015), 1-24. DOI: 10.1007/s11165-015-9488-4.
- Melo, L.V., Cañada, F. Mellado, V. y Buitrago, A. (2016). Desarrollo del Conocimiento Didáctico del Contenido en el caso de la enseñanza de la Carga Eléctrica en Bachillerato desde la práctica de aula. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 449-465.
- Michellini, M., Santi, L. y Stefanel, A. (2013). La formación docente : un reto para la investigación. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 10(Núm. Extraordinario), 846-870.
- Ogan-Bekiroglu, F. (2009). Assessing Assessment: Examination of pre-service physics teachers' attitudes towards assessment and factors affecting their attitudes. *International Journal of Science Education*, 31(1), 1-39.
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25, 177-196.
- Park, J. y Oliver, S. (2008). National Board Certification (NBC) as a Catalyst for Teachers' Learning about Teaching: The Effects of the NBC Process on Candidate Teachers' PCK Development. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), 812-834.
- Sadler, P. M., Sonnert, G., Coyle, H. P., Cook-Smith, N. y Miller, J. L. (2013). The Influence of Teachers' Knowledge on Student Learning in Middle School Physical Science Classrooms. *American Educational Research Journal*, 50(5), 1-30.
- Segall, A. (2004). Revisiting Pedagogical Content Knowledge: The Pedagogy of content/the content of Pedagogy. *Teaching and Teacher Education*. 20, 489-504.
- Seung, E., Bryan, L. A. y Haugan, M. P. (2012). Examining Physics Graduate Teaching Assistants' Pedagogical Content Knowledge for Teaching a New Physics Curriculum. *Journal of Science Teacher Education*, 23(5), 451-479.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L.S. (2015). PCK: Its genesis and exodus. En Berry, A., Friedrichsen, P., Loughran, J. (eds) *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (pp. 3-13). New York: Routledge.

- Thompson, J. R., Christensen, W. M. y Wittmann, M. C. (2011). Preparing future teachers to participate student's difficulties in physics in a graduate-level course in physics, pedagogy, and education research. *Physical Review Special Topic-Physics Education Research*, 7(1), 0101081-11.
- Van Driel, J. H., Jong, O. De, y Verloop, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, 86(4), 572–590.